

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. Oktober 2001 (11.10.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/76258 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H04N 13/00**,  
G06T 7/20

(74) **Anwalt: HEUN, Thomas**; Rathausmarkt 5, 20095 Ham-  
burg (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP01/03707

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,  
GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,  
LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,  
MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK,  
SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA,  
ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:  
1. April 2001 (01.04.2001)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
100 16 074.3 1. April 2000 (01.04.2000) DE

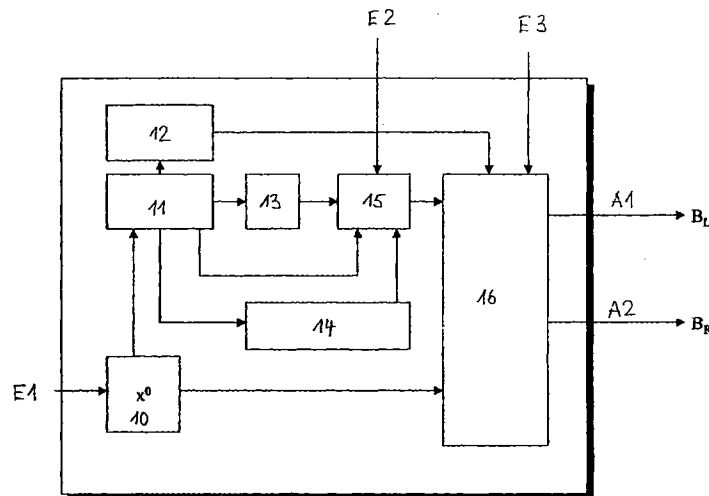
(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK,  
ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR),  
OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML,  
MR, NE, SN, TD, TG).

(71) **Anmelder und**  
(72) **Erfinder: NASKE, Rolf-Dieter** [DE/DE]; Tempow-  
erkring 4, 21079 Hamburg (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR GENERATING 3D IMAGES

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERZEUGUNG VON 3D-BILDERN



(57) **Abstract:** The invention relates to a method and to a device for generating 3D images, according to which an image of a second sequence of images is generated in addition to an image of a first sequence of 2D images at an interval that can be determined via an approximation variable ( $\alpha$ ). A measure of similarity ( $d_k$ ) between successive images of the first sequence is determined and compared with threshold values ( $\delta_0 < \delta_1 < \delta_2$ ) so as to modify the approximation variable ( $\alpha$ ) depending thereon in such a manner that the stereo base width does not turn unnaturally large. A phase analyzer (12) is used to determine a prevailing direction of movement in successive images of the first sequence and a phase converter (16) is used to allocate the image of the first and second sequence of images to a left-hand or right-hand viewing channel depending on a prevailing direction of movement in successive images of the first sequence.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 01/76258 A2

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzeugung von 3D-Bildern beschrieben, mit dem/der zu einem Bild einer zugeführten ersten Folge von 2D-Bildern ein Bild einer zweiten Folge von Bildern mit einem durch eine Approximationsvariable  $\alpha$  vorbestimmbaren zeitlichen Abstand erzeugt wird. Es wird ein Mass der Ähnlichkeit ( $d_k$ ) zwischen aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Folge ermittelt und mit Schwellwerten ( $\delta_0 < \delta_1 < \delta_2$ ) verglichen, um in Abhängigkeit davon die Approximationsvariable  $\alpha$  in der Weise zu verändern, dass die Stereobasisbreite nicht unnatürlich gross wird. Weiterhin wird mit einem Phasenanalysator (12) eine vorherrschende Bewegungsrichtung in aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Bildfolge ermittelt sowie mit einem Phasenumschalter (16) eine Zuordnung des Bildes der ersten und zweiten Bildfolge zu einem linken bzw. rechten Betrachtungskanal in Abhängigkeit von einer vorherrschenden Richtung der Bewegung in aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Folge vorgenommen.

## Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung von 3D-Bildern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erzeugung von dreidimensionalen (3D-) Bildern.

Zur Untersuchung von Objekten bedient man sich insbesondere in der Medizin und Naturwissenschaft vielfach einer dreidimensionalen Bilderzeugung. Auch für den allgemeinen Konsumerbereich sind verschiedene Verfahren entwickelt worden, mit denen insbesondere Fernsehbilder dreidimensional wiedergegeben werden können.

Hierbei unterscheidet man im wesentlichen zwischen einer Bild-sequentiellen Übertragung, bei der die Bilder für das rechte und das linke Auge abwechselnd nacheinander übertragen oder auf einem Speichermedium gespeichert werden, sowie einer parallelen Übertragung, bei der die Bilder auf zwei getrennten Kanälen geführt werden.

Ein besonderer Nachteil der Bild-sequentiellen Übertragung in Verbindung mit herkömmlichen Fernsehsystemen besteht darin, dass die Bildwiederholrate für jedes Auge auf 25 Bilder pro Sekunde reduziert ist. Dadurch ergibt sich für den Betrachter ein unangenehmes Flimmern. Diese Beschränkung tritt zwar bei der Übertragung der Bildfolgen über jeweils einen eigenen (linken bzw. rechten) Kanal nicht auf. Probleme können hierbei jedoch bei der Synchronisation der beiden Kanäle sowie durch die Anforderungen an den Empfänger entstehen, der gleichzeitig zwei getrennte Kanäle empfangen und verarbeiten muss. Dies ist bei den allgemein marktüblichen Systemen nicht möglich.

In zukünftigen Fernsehsystemen soll die Signalübertragung und -Verarbeitung vollständig digital erfolgen. In diesem Fall wird jedes Bild in einzelne Bildpunkte zerlegt, die digitalisiert übertragen werden. Zur Reduzierung der erforderlichen Bandbreite werden dabei entsprechende Komprimierungsverfahren eingesetzt, die jedoch für die Stereoübertragung Probleme aufwerfen.

Bei Blockkodierungsverfahren ist es zum Beispiel bei sinnvoller Kompressionsrate im allgemeinen nicht möglich, jede einzelne Zeile eines Bildes exakt zu rekonstruieren. Interframe-Kodierungen wie zum Beispiel MPEG-2 ermöglichen es zudem nicht, Stereobilder Bild-sequentiell zu übertragen oder zu speichern, da Bildinformationen aus einem Bild noch in einem anderen Bild enthalten sind und es dadurch zu sogenannten Über-

- 2 -

sprech-Effekten kommt, die eine klare Trennung eines rechten von einem linken Bild unmöglich machen.

Andere Verfahren, mit denen aus einer zweidimensionalen Bildfolge eine dreidimensionale Bildfolge erzeugt werden, sind in der DE 35 30 610 und der EP 0 665 697 offenbart. Ein autostereoskopisches System mit einer Interpolation von Bildern wird in der EP 0 520 179 beschrieben, während in "Huang: Image Sequence Analysis" (Springer Verlag) Probleme der Erkennung von Bewegungsbereichen in Bildfolgen erörtert werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mit dem / der auch bei Anwendung der eingangs genannten Übertragungs- und / oder Komprimierungsverfahren eine Wiedergabe von 3D-Bildern mit einem besonders natürlichen dreidimensionalen Bildeindruck möglich ist.

Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren gemäss Anspruch 1 und einer Vorrichtung gemäß Anspruch 11.

Die Unteransprüche haben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung zum Inhalt.

Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform anhand der Zeichnung. Es zeigt:

- Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung;
- Fig. 2 eine grafische Darstellung eines tatsächlichen Bildablaufs und einer abgetasteten Bildfolge;
- Fig. 3a-c schematische Darstellungen zur Phasenkontrolle in aufeinanderfolgenden Bildern; und
- Fig. 4 ein schematisches Blockschaltbild einer Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung bei der Bilderzeugung.

Die wesentlichen Komponenten einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und ihre Verbin-

dungen untereinander sind in Figur 1 schematisch dargestellt. Die Anordnung umfasst einen ersten Eingang E1, über den die von einer Kamera erzeugten und über eine Übertragungsstrecke übertragenen zweidimensionalen Bilder in einen A/D-Wandler 10 geleitet und digitalisiert werden. Die digitalisierten Bilder werden dann einem Bildspeicher 11 sowie einem Phasenumschalter 16 zugeführt. Mit einem Phasenanalysator 12, dessen Eingang mit dem Bildspeicher 11 und dessen Ausgang mit dem Phasenumschalter 16 verbunden ist, werden die in dem Bildspeicher 11 gespeicherten Bilder analysiert. Weiterhin ist mit dem Bildspeicher 11 ein Langzeitspeicher 13 verbunden, der zur Speicherung von Bildern aus diesem Speicher vorgesehen ist und dessen Ausgang an einem Bildgenerator 15 anliegt. Der Bildgenerator 15 ist ferner auch mit einem weiteren Ausgang des Bildspeichers 11 sowie eines Bewegungsanalysators 14 verbunden, dem Bilder aus dem Bildspeicher 11 zugeführt werden. Die Vorrichtung umfasst auch einen zweiten Eingang E2 zur manuellen Bewegungskontrolle, der mit dem Bildgenerator 15 verbunden ist, sowie einen dritten Eingang E3 zur manuellen Phasenkontrolle, der an dem Phasenumschalter 16 anliegt. An zwei Ausgängen des Phasenumschalters 16, die mit einem ersten bzw. zweiten Ausgang A1, A2 der Vorrichtung verbunden sind, liegt ein rechtes bzw. linkes Stereobild  $B_L, B_R$  an.

Mit dieser Vorrichtung wird aus einer (ersten) Folge von zweidimensional aufgenommenen Bildern eine zweite Bildfolge erzeugt, die zusammen mit der ersten Bildfolge eine dreidimensionale Betrachtung der ursprünglich zweidimensionalen Bilder ermöglicht, wenn die erste und zweite Bildfolge einem linken bzw. rechten Auge zugeführt wird. Die zweite Bildfolge wird gemäß folgender Erläuterungen aus der sich durch die Bewegung in der ersten Bildfolge ergebenden Bildinformation ermittelt. Folgende Definitionen seien festgelegt:

Es sei  $x_{ij}$  ein digitalisiertes Bild zum Zeitpunkt  $t$  mit der horizontalen Auflösung  $I$  und der vertikalen Auflösung  $J$ . Die Abtastrate sei  $\Delta t$ , so dass sich für ein zum Zeitpunkt  $k$  abgetastetes und in dem Bildspeicher 11 gespeichertes Bild folgende Formel ergibt:

$$x^k := x_{ij}(t - \Delta t k)$$

In dem Bildspeicher 11 mit der Länge  $K$  befinden sich die letzten  $K$  Bilder. Es sei  $0 \leq \alpha \leq k$  eine reelle Zahl, die den zeitlichen Abstand von einem aktuellen Bild  $x^k$  bezeichnet, bei dem ein (synthetisches) Bild der zweiten Bildfolge erzeugt wird ("Approximations-

variable"). Weiterhin bezeichnen  $B_L$  das zur Zeit visualisierte linke Bild und  $B_R$  das zur Zeit visualisierte rechte Bild.

Es sei angenommen, dass der Wert von  $\alpha$  fest gegeben ist. Die Bilder  $x^k$  in dem Bildspeicher 11 werden als Abtastwerte (abgetastete Bildfolge gemäß Kurve b in Figur 2) einer stetigen Funktion (tatsächlicher Bildablauf gemäß Kurve a in Figur 2) betrachtet. Auf diese Funktion können verschiedene Approximationsverfahren angewendet werden. Die nachfolgenden Erläuterungen beziehen sich in Verbindung mit Figur 2 auf eine lineare Spline-Approximation. Es können jedoch in entsprechender Weise auch andere Approximationsverfahren angewendet werden, wie zum Beispiel höher-gradige oder polynomiale Approximationsverfahren.

Figur 2 zeigt eine Bildfolge im zweidimensionalen (I/J-) Raum. Die zweite Bildfolge wird mit dem Bildgenerator 15 wie folgt berechnet: zunächst wird  $\alpha_u$  als größte ganze Zahl berechnet, die kleiner gleich  $\alpha$  ist. Anschließend wird  $\alpha_o$  als kleinste ganze Zahl berechnet, die größer gleich  $\alpha$  ist. Es sei:

$$\begin{aligned} B_L &:= x^0 \\ B_R &:= x^{\alpha_o} (\alpha - \alpha_u) + x^{\alpha_u} (1 - \alpha + \alpha_u) \end{aligned}$$

wobei die Bildfolge  $B_L$  für einen linken Betrachtungskanal (linkes Auge) durch die momentanen tatsächlichen Bilder der ersten Bildfolge  $x^0, x^1$ , usw. und die (zweite) Bildfolge  $B_R$  für einen rechten Betrachtungskanal (rechtes Auge) durch Approximation berechnet wird.

Diese Berechnung wird mit dem Bildgenerator 15 für alle Bildpunkte  $x_{ij}$  in einem gewählten Farbraum (RGB oder YUV) getrennt durchgeführt, das heißt:

$$\begin{aligned} B_R &:= b_{ij}^{(Y,U,V)} := \\ & \quad (x_{ij}^{\alpha_o} (Y) (\alpha - \alpha_u) + x_{ij}^{\alpha_u} (Y) (1 - \alpha + \alpha_u), \\ & \quad x_{ij}^{\alpha_o} (U) (\alpha - \alpha_u) + x_{ij}^{\alpha_u} (U) (1 - \alpha + \alpha_u), \\ & \quad x_{ij}^{\alpha_o} (V) (\alpha - \alpha_u) + x_{ij}^{\alpha_u} (V) (1 - \alpha + \alpha_u)). \end{aligned}$$

Mit dem Phasenanalysator 12 wird außerdem eine automatische Phasenkontrolle zur Er-

- 5 -

mittlung von Bewegungen in aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Bildfolge durchgeführt. Es sei angenommen, dass  $j_m := J/2$  der horizontale Mittelpunkt eines Bildes ist, so ist  $x_{ijm}^0$  mit  $0 \leq i \leq I$  die mittlere Spalte des Bildes  $x^0$  zum Zeitpunkt  $t$ . Ferner sei  $M < j_m$  eine gewählte ganze Zahl. Dann wird

$$x_{ij}^{0s} := x_{ij}^0 \text{ mit } 0 < i < I \text{ und } j_m - M < j < j_m + M$$

als ein Scanbild definiert, das in Figur 3a als vertikaler Streifen dargestellt ist. Dieser besteht aus  $2M + 1$  Spalten  $s$  um den horizontalen Mittelpunkt  $j_m$  des Bildes  $x^0$ .

Es sei nun  $N$  eine fest gewählte Zahl mit  $N > M$ , so wird:

$$x_{ij}^{1s} \text{ mit } 0 \leq i \leq I \text{ und } j_m - N \leq j \leq j_m + N$$

als der Suchbereich (siehe Figur 3b) im Bild  $x^1$  definiert, in dem das Teilbild mit der größten Ähnlichkeit mit dem Scanbild  $x_{ij}^{0s}$  gesucht wird.

Es sei  $d_l$  die Ähnlichkeit des Scanbildes mit einem gleich großen Teilbild aus dem Suchbereich mit der Verschiebungsposition  $l$ , wobei gilt:  $-N \leq l \leq +N$ .

Wird als Ähnlichkeitsmaß die Kreuzkorrelation gewählt, so ergibt sich  $d_l$  für die Verschiebungsposition  $l$ :

$$\text{Formel (1): } d_l := \frac{1}{\sum_{i=0}^I \sum_{j=j_m-M}^{j_m+M}} \frac{\left| \sum_{i=0}^I \sum_{j=j_m-M}^{j_m+M} x_{ij}^0 \cdot x_{ij-l}^1 \right|}{\sqrt{\left( \sum_{i=0}^I \sum_{j=j_m-M}^{j_m+M} (x_{ij}^0)^2 \right) \cdot \left( \sum_{i=0}^I \sum_{j=j_m-M}^{j_m+M} (x_{ij-l}^1)^2 \right)}}$$

Der Wert von  $l$  läuft dabei von  $-N$  bis  $+N$ , wobei  $l$  die momentane Verschiebeposition eines Teilbildes in dem Suchbereich bezeichnet.

Alternativ zu der Kreuzkorrelation kann als Ähnlichkeitsmaß auch ein euklidischer Abstand oder ein Absolutbetrag gewählt werden.

Bei diesem Verfahren läuft somit, wie es in den Figuren 3a und b angedeutet ist, das Scanbild  $x^s$  (Figur 3a) wie ein Scanner über den Suchbereich (Figur 3b) des Bildes  $x^1$  (vorheriges Bild) und sucht den Bereich, der die größte Ähnlichkeit  $d_l$  mit dem Scanbild aufweist, wobei die Ähnlichkeit  $d_l$  für jede Verschiebungsposition  $l$  berechnet wird.

Dabei sei eine ganze Zahl  $\varepsilon$  definiert, die als Trägheitsmoment bezeichnet werden kann, und mit der gemäß Figur 3c eine Unschärfe definiert wird. Diese dient dazu, eine Kamerabewegung zu berücksichtigen, die nicht als Verschiebung des Bildes angesehen werden soll. Für den Wert von  $\varepsilon$  gilt etwa  $-1 \leq \varepsilon \leq 1$ .

Diese Auswertung läuft im wesentlichen wie folgt ab. Zunächst werden mit dem Phasenanalysator 12 alle Ähnlichkeitsmaße  $d_l$  für  $-N \leq l \leq +N$  berechnet. Anschließend wird das Ähnlichkeitsmaß  $d_{\min}$  mit dem geringsten Wert gewählt ( $d_{\min} := \min d_l$ ) und der Index  $I_{\min}$  dieses Ähnlichkeitsmaßes ermittelt. Mit dem Phasenumschalter 16 werden die Werte  $I_{\min}$  und  $\varepsilon$  miteinander verglichen, und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis schaltet der Phasenumschalter 16 wie folgt:

Wenn  $I_{\min} < \varepsilon$  ist, so bedeutet dies, dass der Bereich der größten Ähnlichkeit im Suchbereich nach links verschoben ist und somit eine vorherrschende Bewegungsrichtung in aufeinanderfolgenden Bildern  $x^1$ ,  $x^0$  der ersten Bildfolge von links nach rechts gegeben ist. Dies kann durch eine Bewegung eines Objektes in den Bildern von links nach rechts oder durch einen Kameraschwenk von rechts nach links bewirkt werden. In diesem Fall wird für das linke Bild  $B_L := x^0$  (d.h. das aktuelle Bild der Bildfolge) und für das rechte Bild  $B_R$  ein berechnetes, synthetisches Bild (zweite Bildfolge) gewählt. Weiterhin wird ein Indikator "shift" in dem Phasenumschalter 16 auf "links" gesetzt.

Wenn  $I_{\min} > \varepsilon$  ist, so bedeutet dies, dass der Bereich der größten Ähnlichkeit im Suchbereich nach rechts verschoben ist und somit eine vorherrschende Bewegungsrichtung in aufeinanderfolgenden Bildern  $x^1$ ,  $x^0$  der ersten Bildfolge von rechts nach links gegeben ist. Dies kann durch eine Bewegung eines Objektes in den Bildern von rechts nach links oder durch einen Kameraschwenk von links nach rechts bewirkt werden. In diesem Fall wird für das linke Bild  $B_L$  ein berechnetes, synthetisches Bild (zweite Bildfolge) und für das rechte Bild  $B_R := x^0$  (d.h. das aktuelle Bild der Bildfolge) gewählt. Weiterhin wird der Indikator "shift" auf "rechts" gesetzt.



- 7 -

Wenn  $|I_{\min}| < \varepsilon$  und der Indikator auf "rechts" gesetzt ist, so wird für das linke Bild  $B_L$  ein berechnetes, synthetisches Bild (zweite Bildfolge) und für das rechte Bild  $B_R := x^0$  (d.h. das aktuelle Bild der ersten Bildfolge) gewählt.

Wenn schließlich  $|I_{\min}| < \varepsilon$  und der Indikator auf "links" gesetzt ist, so wird für das linke Bild  $B_L := x^0$  und für das rechte Bild  $B_R$  ein berechnetes, synthetisches Bild (zweite Bildfolge) gewählt.

Anschließend wird das nächste Bild eingelesen und der gleiche Ablauf für dieses Bild, beginnend mit der Ermittlung des minimalen Wertes des Ähnlichkeitsmaßes  $d_{\min}$ , wiederholt.

Diese automatische Phasenkontrolle bzw. -Umschaltung kann auch ausgeschaltet und zum Beispiel durch eine manuelle Umschaltung mit einer Tastatur über den dritten Eingang der Vorrichtung ersetzt werden.

Die in Figur 1 gezeigte Ausführungsform umfasst weiterhin den Bewegungsanalysator 14, mit dem durch eine dynamische Bewegungskontrolle bzw. -Ermittlung verhindert wird, dass bei schnellen Bewegungen die Stereobasis zu groß wird. Außerdem wird damit sichergestellt, dass bei sehr langsamen Bewegungen eine bestimmte minimale Breite der Stereobasis erhalten bleibt, bevor diese bei Bildern ohne Bewegung verschwindet. Zu diesem letztgenannten Zweck ist der Langzeitspeicher 13 vorgesehen, aus dem Bilder ausgelesen und als Bilder der zweiten Bildfolge verwendet werden, wenn die Bewegungen zu langsam sind.

Das Ähnlichkeitsmaß  $d_k$  zum Zeitpunkt  $t_k$  sei wie folgt definiert:

Formel (2):

$$d_k := 1 - \frac{\sum_{i=0}^I \sum_{j=0}^J \left| \begin{matrix} x_{ij}^k & x_{ij}^{k+1} \end{matrix} \right|}{\sqrt{\left( \sum_{i=0}^I \sum_{j=0}^J x_{ij}^k \right)^2 + \left( \sum_{i=0}^I \sum_{j=0}^J x_{ij}^{k+1} \right)^2}}$$

Dieses Ähnlichkeitsmaß ist somit von dem Umfang abhängig, in dem sich der gesamte Inhalt eines nächsten Bildes in einer Bildfolge von dem vorhergehenden Bildinhalt unterscheidet und stellt somit ein Maß für die Geschwindigkeit der Bewegung in den Bil-

dem dar.

Für die Auswertung dieses Ähnlichkeitsmaßes werden Schwellwerte  $\delta_0 < \delta_1 < \delta_2$  definiert, wobei für ein unverändertes (konstantes) Bild zum Zeitpunkt  $t_k$  im Vergleich zu dem vorherigen Bild zum Zeitpunkt  $t_{k+1}$  im Idealfall das Ähnlichkeitsmaß  $d_k = 0$  ist. Da jedoch bei der Digitalisierung stets ein gewisses Rauschen gegeben ist, ist für ein unverändertes Bild  $d_k < \delta_0$  anzusetzen.

Natürlich können auch für die Berechnung des Ähnlichkeitsmaßes anstelle der beschriebenen Kreuzkorrelation ein euklidischer Abstand oder ein Absolutbetrag gewählt werden. Die einzelnen Farbwerte des gewählten Farbraumes RGB oder YUV müssen stets getrennt verarbeitet werden.

Zur Auswertung des Wertes des Ähnlichkeitsmaßes  $d_k$  ( $k = 0, 1, \dots, K$ ) wird dieses zunächst in dem Bewegungsanalysator 14 gespeichert und dann mit den Schwellwerten verglichen.

Wenn  $d_k < \delta_0$  ist, so bedeutet dies, dass die Bewegungen in aufeinanderfolgenden Bildern sehr langsam oder Null sind. In diesem Fall wird die Übertragung der Werte von  $x^k$  in den Langzeitspeicher 13 gestoppt, so dass dort Bilder vorhanden bleiben, die einen ausreichenden Bewegungsunterschied aufweisen. Außerdem dienen in dem Langzeitspeicher gespeicherte Bilder zur Erzeugung der zweiten Bildfolge, um somit eine Mindest-Stereobasisbreite aufrecht zu erhalten.

Wenn  $d_k > \delta_0$  ist, wird der Wert der Approximationsvariablen  $\alpha$  in Abhängigkeit von der Größe des Ähnlichkeitsmaßes  $d_k$  relativ zu den Schwellwerten  $\delta_0, \delta_1, \delta_2$  wie folgt verändert:

Wenn  $\delta_0 < d_k < \delta_2$  und  $d_k - d_{k-1} \leq -\delta_1$  und solange  $\alpha \leq k - 1$  ist, wird die neue Approximationsvariable  $\alpha := \alpha + s$  gesetzt.

Wenn  $\delta_0 < d_k < \delta_2$  und  $d_k - d_{k-1} \geq \delta_1$  und solange  $\alpha \geq 2$  ist, wird die neue Approximationsvariable  $\alpha := \alpha - s$  gesetzt.

Mit dem Buchstaben  $s$  ist hierbei eine Schrittweite bezeichnet, die vorzugsweise 0,1 beträgt, jedoch auch andere Werte annehmen kann.

Wenn  $\delta_0 < d_k < \delta_2$  und  $-\delta_1 < d_k - d_{k-1} < \delta_1$  ist, so bleibt die Approximationsvariable  $\alpha := \alpha$  unverändert, da die Bewegungsgeschwindigkeit im wesentlichen konstant ist. In diesem Fall ist keine Anpassung erforderlich.

Wenn schließlich  $\delta_2 < d_k$  ist, so bedeutet dies, dass die Bewegung sehr schnell ist und die Stereobasisbreite zu groß werden würde. In diesem Fall wird die Approximationsvariable  $\alpha := 1/d_k$  gesetzt.

Diese dynamische Bewegungskontrolle kann ebenso wie die automatische Phasenkontrolle auch ausgeschaltet und durch eine manuelle Eingabe zum Beispiel mit einer Tastatur über den zweiten Eingang der Vorrichtung ersetzt werden.

Das beschriebene Verfahren wird vorzugsweise mit einem Datenverarbeitungsprogramm auf einem Rechner, insbesondere einem digitalen Bildverarbeitungssystem zur Erzeugung einer dreidimensionalen Wiedergabe von zweidimensional übertragenen oder gespeicherten Fernsehbildern durchgeführt.

Nachfolgend wird für die beschriebene Ausführungsform ein bevorzugtes Zahlenbeispiel gegeben. Bei Anwendung der bekannten PAL-Norm gilt für die horizontale Auflösung  $I = 576$  und für die vertikale Auflösung  $J = 768$ , während für die NTSC-Norm für die Werte  $I = 480$  und  $J = 640$  festgelegt sind.

Im allgemeinen ist es ausreichend, in dem Bildspeicher 11 die letzten fünf Bilder zu speichern, das heißt  $K \leq 5$ . Als Anfangswert  $\alpha_0$  der Approximationsvariable wird  $\alpha_0 := 2,1$  gesetzt. Für eine angemessene Analyse der Bewegung in aufeinanderfolgenden Bildern wird der Wert von  $M$  auf 1 oder 2 gesetzt. Der Wert von  $N$  sollte so groß gewählt werden, dass auch bei schnellen Bewegungen das Scanbild noch im Suchbereich liegt. Hierfür ist ein Bereich für den Wert von  $N$  von  $20 \leq N \leq 30$  (insbesondere  $N := 25$ ) angemessen. Der Wert von  $N$  kann jedoch auch das gesamte Ursprungsbild umfassen, so dass  $N := J/2$  gilt.

Zur Definition der Unschärfe wird der Wert von  $\varepsilon := 1$  vorgeschlagen, während für die Schwellwerte zur Auswertung des Ähnlichkeitsmaßes bevorzugt folgende Werte gewählt werden:  $\delta_0 := 0,05$ ,  $\delta_1 := 0,6$  und  $\delta_2 := 0,8$ .

Mit einer mit diesen Werten realisierten Ausführungsform konnte für eine Bildfolge mit sehr unterschiedlich bewegten Inhalten eine sehr natürliche dreidimensionale Wiedergabe erzielt werden.

Figur 4 zeigt schließlich ein Blockschaltbild einer Vorrichtung (Stereo-Decoder oder Stereo-Viewer) zum Erzeugen und Wiedergeben von 3D-Bildern, die aus einer Folge von über eine Übertragungsstrecke übertragenen oder von einem Speichermedium ausgelesenen 2D-Bildern berechnet werden.

Die Vorrichtung umfasst einen ersten Eingang 21, an dem die über eine Übertragungsstrecke übertragenen und in bekannter Weise demodulierten bzw. dekomprimierten 2D-Bilder anliegen. Weiterhin ist ein zweiter Eingang 22 vorgesehen, der zum Beispiel mit einem DVD-Spieler, einem Videorecorder oder einer anderen Bildquelle verbunden ist.

Diese beiden Eingänge sind mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 23 gemäß Figur 1 verbunden, mit der gemäß obiger Erläuterungen aus der Folge von 2D Bildern 3D Bilder berechnet werden. Die Ausgänge A1, A2 dieser Vorrichtung, an denen eine Folge von linken bzw. rechten Bildern  $B_L$ ,  $B_R$  anliegt, sind mit einem Stereospeicher 24, 25 verbunden, in dem die Bilder für jeden Kanal gespeichert werden.

Über einen dritten Eingang 26 können durch Betätigung eines Auswahlschalters 27 schließlich verschiedene Treiberstufen ausgewählt werden, über die eine entsprechende Wiedergabeeinrichtung angesteuert wird. Beispielhaft sind hier ein Treiber 28 für eine Shutterbrille 29, ein Treiber 30 für einen autostereoskopischen Monitor 31 sowie ein Treiber 32 für einen Stereo-Projektor 33 dargestellt.

Diese Vorrichtung ist vorzugsweise als Bestandteil eines digitalen Bildverarbeitungssystems zur Erzeugung einer dreidimensionalen Wiedergabe von zweidimensional übertragenen oder gespeicherten Fernsehbildern ausgebildet.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von 3D Bildern aus einer ersten Folge von 2D Bildern mit folgenden Schritten:

- Ermitteln eines ersten Ähnlichkeitsmaßes ( $d_k$ ) zwischen aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Folge und Vergleichen dieses Ähnlichkeitsmaßes mit vorbestimmbaren Schwellwerten ( $\delta_0 < \delta_1 < \delta_2$ ),
- in dem Fall, in dem  $\delta_1 < d_k < \delta_2$  ist, Verändern einer voreingestellten Approximationsvariable ( $\alpha$ ) in der Weise, dass die Stereobasisbreite nicht unnatürlich groß wird, und Berechnen eines Bildes einer zweiten Bildfolge zu einem Bild der ersten Folge mit einem durch die Approximationsvariable ( $\alpha$ ) bestimmten zeitlichen Abstand aus zu dem Bild der ersten Folge zeitlich benachbarten Bildern, oder
- in dem Fall, in dem  $d_k < \delta_0$  ist, Auslesen eines zeitlich vorherigen Bildes der ersten Folge aus einem Langzeitspeicher (13) und Verwendung dieses Bildes für die zweite Bildfolge,
- Zuordnung des Bildes der ersten und zweiten Bildfolge zu einem linken bzw. rechten Betrachtungskanal in Abhängigkeit von einer vorherrschenden Richtung der Bewegung in aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Folge.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass in dem Fall, in dem  $\delta_1 < d_k < \delta_2$  und  $d_k - d_{k-1} \leq -\delta_1$  und solange  $\alpha \leq k - 1$  ist, die Approximationsvariable  $\alpha := \alpha + s$  gesetzt und in dem Fall, in dem  $\delta_1 < d_k < \delta_2$  und  $d_k - d_{k-1} \geq \delta_1$  und solange  $\alpha \geq 2$  ist, die Approximationsvariable  $\alpha := \alpha - s$  gesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass das Ähnlichkeitsmaß ( $d_k$ ) durch Kreuzkorrelation gemäß Formel (2) oder durch Ermittlung eines euklidischen Abstandes oder eines Absolutbetrages berechnet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die Bilder der zweiten Bildfolge durch lineare Spline-Approximation oder eine höher-gradige bzw. polynomiale Approximation sämtlicher Bildpunkte berechnet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der vorherrschenden Richtung der Bewegung ein vertikaler mittlerer Bereich eines aktuellen Bildes ( $x^0$ ) der ersten Bildfolge mit verschiedenen vertikalen Bereichen eines vorherigen Bildes ( $x^1$ ) dieser Folge verglichen und ermittelt wird, ob der vertikale Bereich des vorherigen Bildes, der die größte Ähnlichkeit mit dem mittleren Bereich des aktuellen Bildes aufweist, links oder rechts von der Mitte liegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, dass zur Ermittlung der vorherrschenden Richtung der Bewegung ein zweites Ähnlichkeitsmaß ( $d_1$ ) zwischen den Bildbereichen durch Kreuzkorrelation gemäß Formel (1) oder durch Ermittlung eines euklidischen Abstandes oder eines Absolutbetrages berechnet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet, dass um den mittleren Bereich des aktuellen Bildes ( $x^0$ ) ein Unschärfebereich ( $\varepsilon$ ) festgelegt wird, mit dem kleine Bewegungen unterdrückt werden können.

8. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln zur Ausführung der Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

9. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln zur Ausführung der Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, die auf einem Computer-lesbaren Datenträger gespeichert sind.

10. Computerprogramm-Produkt mit auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode zur Ausführung der Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch

- einen Bildgenerator (15), mit dem zu einem Bild einer zugeführten ersten Folge von 2D-Bildern ein Bild einer zweiten Folge von Bildern mit einem durch eine Approximationsvariable ( $\alpha$ ) vorbestimmbaren zeitlichen Abstand erzeugt wird, wobei das Bild der zweiten Bildfolge durch Approximation mit zu dem Bild der ersten Folge zeitlich be-

nachbarten Bildern berechnet wird,

- einen Phasenanalysator (12), mit dem eine vorherrschende Bewegungsrichtung in aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Bildfolge ermittelt wird, sowie
- einen Phasenumschalter (16), mit dem eine Zuordnung des Bildes der ersten und zweiten Bildfolge zu einem linken bzw. rechten Betrachtungskanal in Abhängigkeit von einer vorherrschenden Richtung der Bewegung in aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Folge vorgenommen wird.

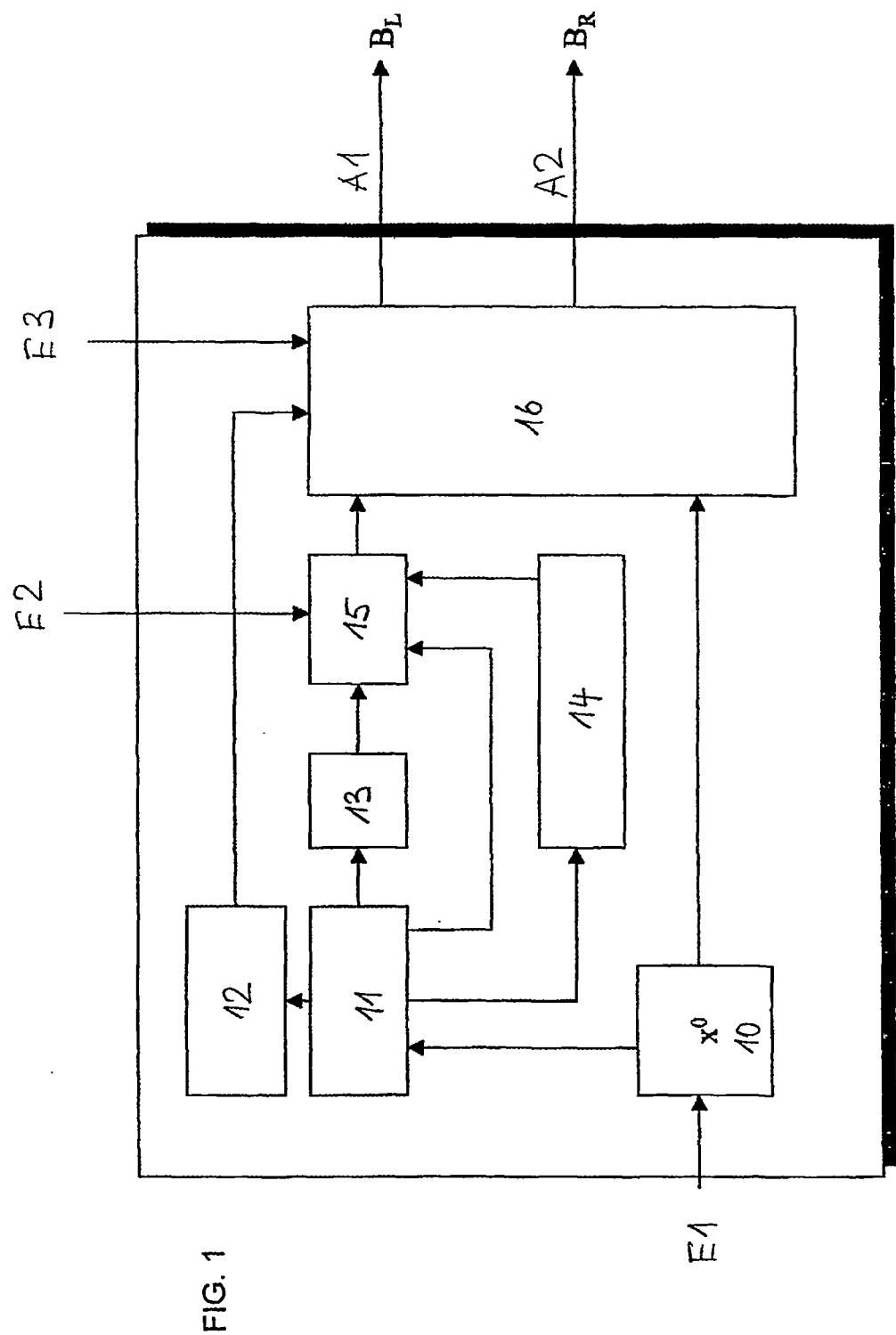
12. Vorrichtung nach Anspruch 11,

gekennzeichnet durch einen Bewegungsanalysator (14), mit dem das Maß der Ähnlichkeit ( $d_k$ ) zwischen aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Bildfolge ermittelt und die Approximationsvariable ( $\alpha$ ) in Abhängigkeit von dem Ergebnis eines Vergleiches mit Schwellwerten ( $\delta_0 < \delta_1 < \delta_2$ ) so verändert werden kann, dass bei schnellen Bewegungen eine Stereobasisbreite nicht unnatürlich groß wird.

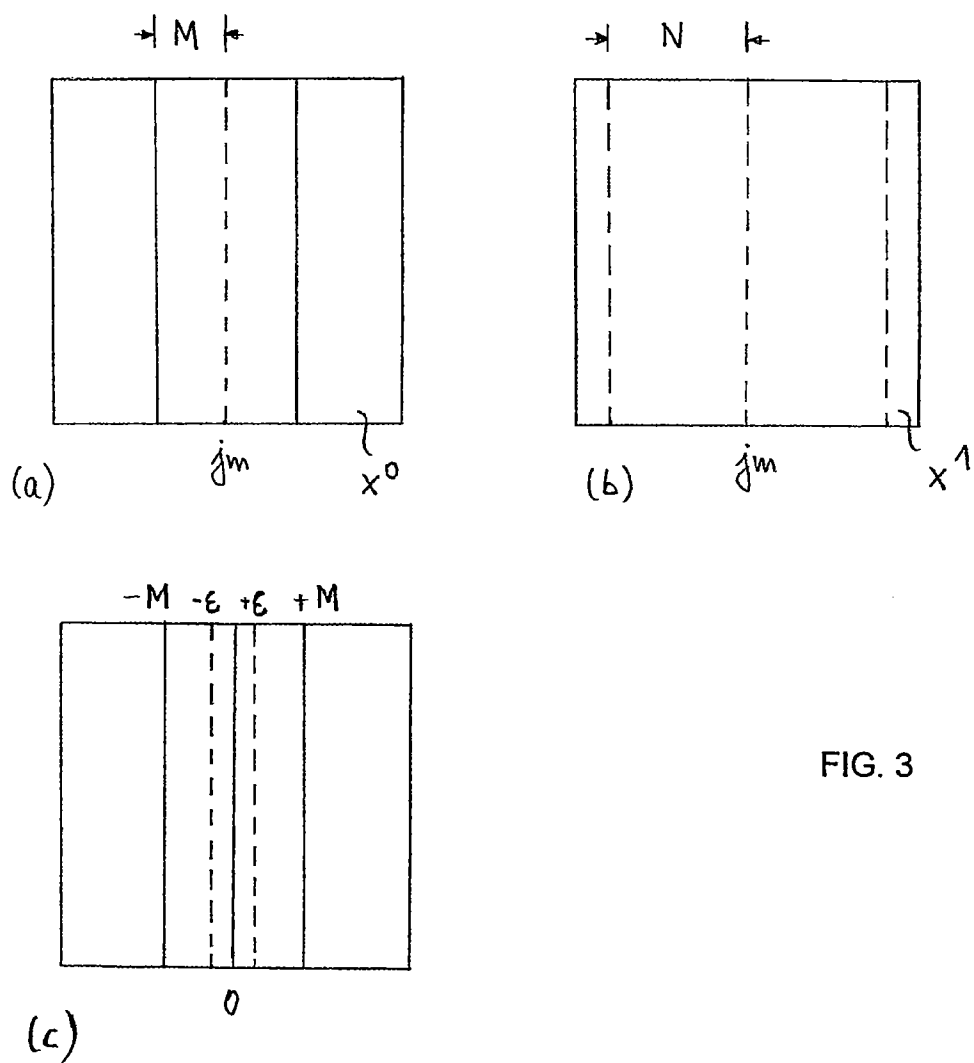
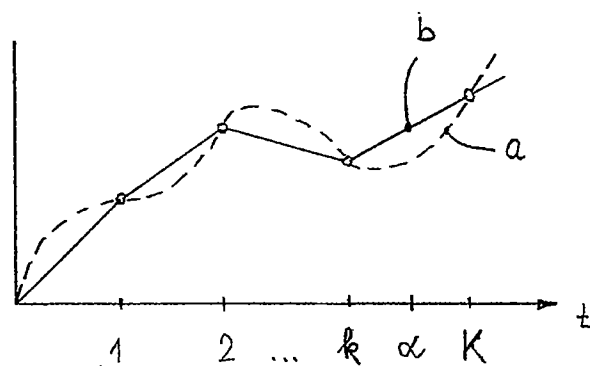
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12,

gekennzeichnet durch einen Langzeitspeicher (13) zur Speicherung von Bildern der ersten Bildfolge, die auslesbar und zur Erzeugung von Bildern der zweiten Bildfolge verwendbar sind, um bei langsamen Bewegungen in aufeinanderfolgenden Bildern der ersten Folge eine minimale Stereobasisbreite aufrechtzuerhalten.

14. Digitales Bildverarbeitungssystem zur Erzeugung einer dreidimensionalen Wiedergabe von zweidimensional übertragenen oder gespeicherten Fernsehbildern, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13.







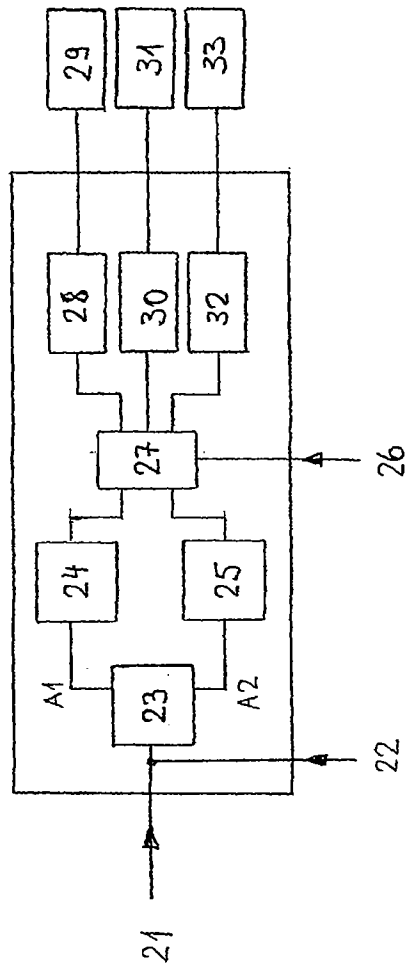


FIG. 4